



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Stofseparation i hvirvelseparator

Sørensen, Morten Steen; Larsen, Torben

Published in:
Stads og Havneingeniøren

Publication date:
1992

Document Version
Accepteret manuscript, peer-review version

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Sørensen, M. S., & Larsen, T. (1992). Stofseparation i hvirvelseparator. *Stads og Havneingeniøren*, 2, 37-39.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Stofseparation i hvirvelseparator

Af erhvervsforsker Morten Steen Sørensen, Nellemann, Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S og docent Torben Larsen, Aalborg Universitetscenter.

En væsentlig del af forureningsindholdet i det sammensatte regn- og spildevand, som udledes under regn fra kloaksystemernes overløbsbygværker, er på partikelform. Ved den rette geometriske udformning kan overløbsbygværker bringes til at fraseparere hele den partikelfraktion, som transporteres som bundtransport, og en større eller mindre del af den suspenderede transport. Et særligt velegnet bygværk i denne henseende er hvirvelseparatoren, som nærmere er beskrevet i denne artikel. Hvirvelseparatoren er ikke en patentløsning, som erstatter anlæg af bassiner, men anvendt i den rette sammenhæng kan hvirvelseparatoren medvirke til fjernelse af en betydelig del af forureningen fra overløbsbygværker.

Baggrund

Med Vandmiljøplanen er de kontrollerbare udledninger til recipienterne gennem de kommunale renseanlæg blevet reduceret forureningsmæssigt til noget nær det teknisk mulige laveste niveau. Det er derfor naturligt, at recipientmyndighederne nu fokuserer på kloaksystemernes overløbsbygværker som årsagen til, at reci-

pientkvaliteten i flere tilfælde fortsat ikke er acceptabel.

Fra overløbsbygværkerne strømmer regnospædt spildevand til recipienterne, og det er forureningsindholdet fra dette overløbsvand, der ofte er medvirkende til en uacceptabel recipientkvalitet.

De senere års undersøgelser har vist, at overløbsvandets forureningsindhold pri-

mært er på partikelform, og primært stammer fra aflejringer, som akkumuleres i kloaksystemet i tørvejsperioden før regnen. Stoftransporten af det partikulære stof kan karakteriseres dels ved en bundtransport af sand og store partikler af organisk stof med store faldhastigheder, dels ved en suspenderet transport af finere partikler med lavere faldhastigheder. Den største del af det organiske stof, næringssalte, tungmetaller og sygdomsfremkaldende mikroorganismer er knyttet til den suspenderede transport.

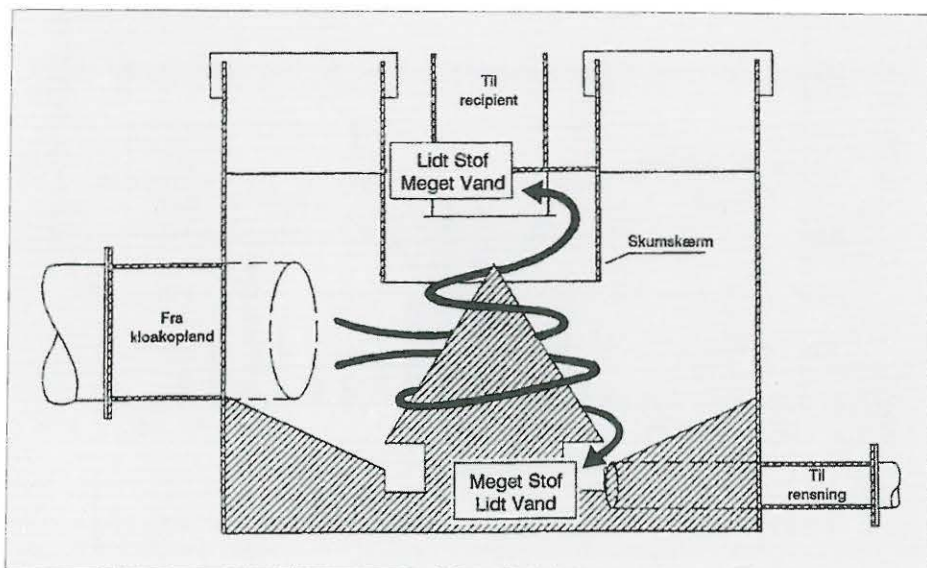
Effekterne af udledning af den partikulære stoftransport fra overløbsbygværkerne er mangfoldige. Der kan f.eks. nævnes uæstetiske aflejringer af slam og flydestoffer i udledningspunktets nærhed og den mere jævnt fordelte sedimentation af organisk stof i vandløb og søer, som ved nedbrydning kan medvirke til at forringe iltforholdene.

Overløbsbygværker bygges for at aflaste afløbssystemet og dimensioneres derfor normalt udelukkende ud fra hydrauliske hensyn. Men med ovennævnte viden om spildevandets forureningsindhold er det oplagt at udforme overløbsbygværker, således at stoffet i videst mulig omfang separeres fra vandet og føres til renseanlægget. I den rette udformning har alle typer overløbsbygværker sådanne egenskaber i større eller mindre grad. Nærværende artikel skal omtale hvirvelseparatoren, som er specielt udformet med henblik på at fraseparere sedimenterbart stof og flydestof.

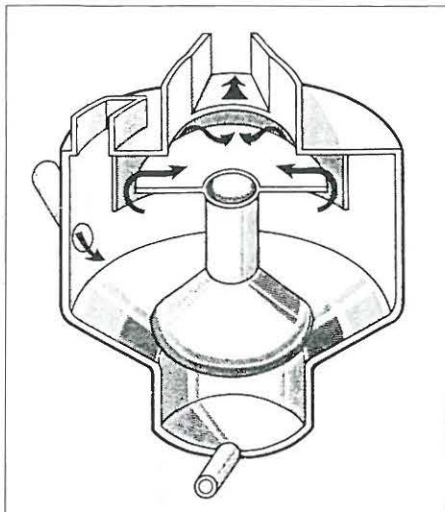
I figur 1 er en principskitse af hvirvelseparatoren vist. Hvirvelseparatoren og andre overløbsbygværkers evne til stofseparation har været bearbejdet gennem et erhvervsforskerprojekt, udført hos Nellemann A/S i samarbejde med Aalborg Universitetscenter. Resultater fra dette projekt omtales i denne artikel.

Funktionsbeskrivelse af hvirvelseparatoren

I modsætning til konventionelle bygværkstyper fungerer hvirvelseparatoren



Figur 1. Principskitse af stofseparation i hvirvelseparatoren.



Figur 2. Principskitse af hvirvelseparatoren, efter /1/.

ved, at vandet ledes tangentielt ind i et cirkulært bygværk, så vandet roterer. Rotationen giver øget stoftilbageholdelsesevne i bygværket, hvilket blandt andet skyldes, at hastighedsforskellen mellem det indkomne vand og vandet i kammeret bliver mindre, hvorved turbulensdannelsen mindskes. Den kinetiske energi i rotationen vil til en vis grad blive ført over overløbskanten uden at blive til turbulens. Den mindre turbulensdannelse forøger sedimentationsevnen. Derudover vil der, på grund af centrifugalkræfterne og friktionskræfternes forskelligartede indflydelse på bund, top og sider, dannes sekundære strømninger, som vil føre partiklerne mod midten af bygværket, hvor udløbet er placeret. Dette princip kendes fra omrøring i en tekop, hvor tebladene netop samles i midten af koppen. Fordelen ved rotationen er således både en formindsket turbulens og dannelse af gunstige sekundære strømme.

Hvirvelseparatoren, figur 2, blev i sin grundform udviklet af B. Smisson, som var en af foregangsmændene indenfor anvendelse af hvirvelbygværker /2/. Hvirvelseparatoren er i forbindelse med omtalte erhvervsforskerprojekt tilpasset danske afløbsforhold, men har dog den begrænsning, at den kræver gode faldforhold (stejlt terræn), idet bygværket kræver en geometrisk højdeforskel mellem indløb og udløb.

Indløbet er placeret tangentielt langs bunden, og udløbet er placeret centralt i kammerets bund. Der kræves kraftig bankethældning (1:2 til 1:5) og placering af en central kegle, som skal sikre, at tværsnitsarealet mindskes ned gennem bygværket. Herved vil hastigheden øges mod bunden, hvilket betyder, at hele bygværksvoluminet indgår i den aktive separationszone. Bankettens hældning medfører desuden, at bygværket har en god selvrensningsevne under tømning. I toppen er overløbet placeret centralt. Langs en overløbsrende kan vandet transporte-

res til recipienten. På undersiden af overløbsarrangementet er skumskærmen placeret. Denne placering medfører, at zonen til opsamling af flydestoffer er større for hvirvelseparatoren end for andre typer overløbsbygværker. Under selve overløbsarrangementet er placeret en vandret plade. Den er placeret for at fiksere den hvirvel, som den centrale kegle vil frembringe.

Stofseparation i hvirvelseparatoren

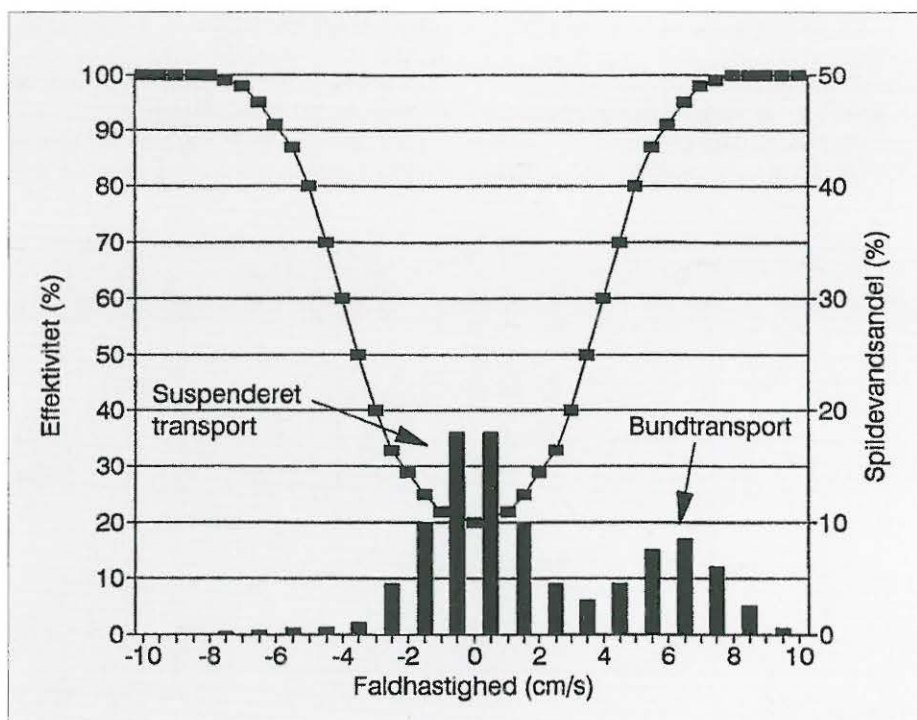
En bestemmelse af hvirvelseparatorens naturlige evne til at tilbageholde stof vil kræve målinger af mange aflastninger under vidt forskellige forhold. Da dette vil være meget tids- og ressourcerelevende, er en hurtigere metode at teste bygværker i laboratorieomgivelser, hvilket også giver mulighed for at reproducere/validere resultaterne. Hvirvelseparatoren blev derfor bygget i model (60 cm i diameter) i plexiglas og undersøgt under forskellige hydrauliske påvirkninger. Forsøgene blev udført under stationære hydrauliske forhold med fast ind- og udløbsvandføring, således at det var muligt at eliminere den skalaeffekt, der skyldes tidsfaktoren. Dette betød endvidere, at det var muligt at simulere partiklerne ved hjælp af plastkugler med forskellige veldefinerede stignings- og faldhastigheder. I stedet for at introducere et stort antal partikler i indløbet på én gang, blev partiklerne introduceret enkeltvist mange gange, og tilbageholdelsesevnen blev bestemt som en middelværdi af disse forsøg.

I alt blev der udført knap 12.000 introduktioner til vurdering af hvirvelseparatorens stoftilbageholdelsesevne.

Resultaterne af modelforsøgene viser, at det er muligt at beskrive stoftilbageholdelsesevnen ud fra partiklens faldhastighed som en omvendt normalfordelingsfunktion, se figur 3. Resultaterne er detaljeret omtalt i /3/.

Hvirvelseparatoren har den største stoftilbageholdelsesevne overfor de hurtigt stigende og hurtigt faldende partikler og med et minimum for partikler uden faldhastighed. Det betyder, jfr. figur 3, at bygværket har en begrænset effekt overfor den generelle spildevandssammensætning, som primært består af partikler uden betydelig faldhastighed, men også at hvirvelseparatoren er meget effektiv til at tilbageholde flydestoffer og bundtransport. Hvirvelseparatoren vil derfor være meget effektiv til at fjerne den partikulære stofmængde, der afstrømmer som bundtransport, og som er den primære årsag til uønskede aflejringer i recipienten, således at denne betydelige forureningsmængde ender i renseanlægget fremfor i recipienten.

Derudover viser forsøgene, at stoftilbageholdelsesevnen har en entydig afhængighed af det dimensionsløse forhold mellem partiklens sedimentationshastighed og den vertikale nettostrømhastighed i bygværket. Det betyder, at det er muligt at dimensionere en hvirvelseparator ud fra et kriterie om, hvor meget stof der må udledes i recipienten. Det skal hertil bemærkes, at afløbssystemerne dimensioneres til så vidt muligt at være selvrensende,



Figur 3. Hvirvelseparatorens stoftilbageholdelsesevne som funktion af partiklernes faldhastighed (den markerede linje). Histogrammerne angiver principskitse af spildevandssammensætningen under regn som funktion af partiklernes faldhastighed /4/. Effektivitet er et procentvis udtryk for stoftilbageholdelsesevne, således at en effektivitet på 80% modsvarer, at 80% af stoffet tilbageholdes.



Øverst: Model af hvirvelseparator til undersøgelse af stofseparation indsat i strømningsrønde på Aalborg Universitetscenter.

Nederst: Tilløbsledning til hvirvelseparatoren i Sædding. Til venstre ses nederst keglen og øverst skumskærmen.

der, at bassinets eneste dimensioneringskriterie er, at afløbet fra bassinet maksimalt må være 10 gange større end afløbet fra hvirvelseparatoren. Etablering af forsinkelsesbassin har yderligere en gunstig hydraulisk effekt på recipienten med hensyn til en forøget fortynding samt mindsket risiko for erosion og resuspension.

Hvirvelseparatoren i Sædding

Resultaterne fra modellforsøgene blev efterfølgende anvendt til dimensionering af en fuldskala hvirvelseparator, som er placeret i Sædding nord for Esbjerg. Hvirvelseparatoren blev etableret, fordi Esbjerg Kommune ønskede at etablere et overløbsbygværk, der ville medføre en meget begrænset forurening af Ho Bugt. Udløbet fra hvirvelseparatoren er det sidste tilbageværende udløb, der udleder opspædt spildevand til badestranden ved Sædding, og det var derfor vigtigt, at der blev valgt et overløbsbygværk, som påvirkede Ho Bugt yderst begrænset både i hygiejnisk og æstetisk henseende.

Hvirvelseparatoren blev indviet i foråret 1991 som erstatning for et gammelt, lavt sideoverløb, der aflastede 71 gange årligt. Aflastningshyppigheden er på grund af det større volumen i hvirvelseparatoren blevet mindre, beregnet til ca. 15-20 gange årligt, men vigtigere er, at der ikke har været visuelle tegn på aflastning ved udløbet til Ho Bugt. Overløbsrenden er ikke ren, men det er et meget fint lag sediment, der observeres der, og de større partikler, ristegods m.m., tilbageholdes i hvirvelseparatoren. I selve kammeret er det tydeligt, at selvrensningen er god på

grund af de stejle banketter, men tilsynet er samtidigt vanskeliggjort i selve kammeret. Det har endnu ikke været nødvendigt at rengøre kammeret ved hjælp af spulevand.

Fremtidige undersøgelser vedrørende hvirvelseparatoren

Der vil i den nærmeste fremtid blive foretaget flere tiltag med henblik på at optimere anvendelsen af hvirvelseparatoren. Således er der i NordTek's regi netop igangsat et projekt, som har til hensigt at standardisere hvirvelseparatoren på en sådan måde, at den kan præfabrikeres. Herved forventes opnået, at kommunerne kan tilbydes et produkt, som er billigere end overløbsbygværker, der opføres »in situ«.

Derudover er det Esbjerg Kommunes hensigt at opstarte et måleprogram på hvirvelseparatoren i Sædding i begyndelsen af 1992 med henblik på at undersøge stoftilbageholdelseevnen i praksis.

Det er hensigten ved senere lejligheder at omtale resultaterne af disse undersøgelser.

Referencer

- /1/ Smisson, R. P.M.:
The Development of Dynamic Separation, Hydro Research & Development Ltd., Clevedon Avon, England, 1988.
- /2/ Smisson, B.:
Design, Construction and Performance of Vortex Overflows, Storm Sewage Overflows, Institution of Civil Engineers, London, 1967.
- /3/ Sørensen, M. S.:
Stofseparation i overløbsbygværker, Erhvervsforskerprojekt EF212, Nellesmann, Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S, Aalborg, 1991.
- /4/ Houbak, L. & Lynderup, L.:
Stoftransport i afløbssystemer, afgangsprøje, Anlægssektorens akademiingeniøruddannelse, januar 1992.

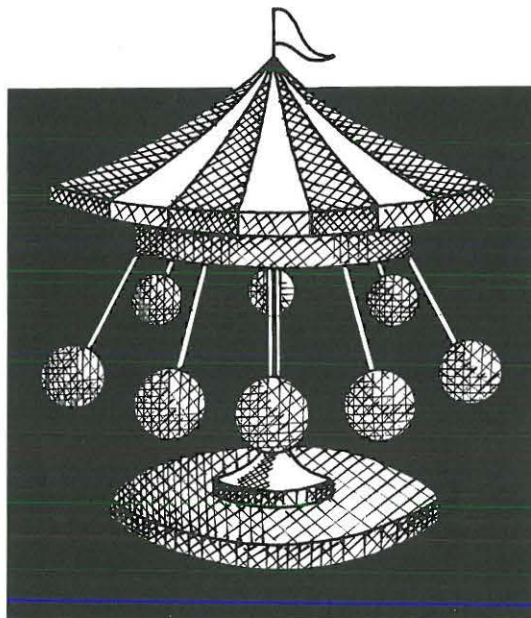
hvorfor afløbssystemets strømningshastigheder typisk findes i intervallet 0,6-2 m/s. Strømhastighederne i vandløbene ligger normalt på 0,3-0,4 m/s og endnu lavere i søer. Ved at tage højde for disse strømhastigheder er det muligt at dimensionere hvirvelseparatoren til at fjerne den del af det partikulære stof, som ellers ville sedimentere i recipienten.

Modellforsøgene viser, at bygværket er mest effektivt, når indløbsvandføringen højst udgør 10 gange den videreførte vandføring. Da det efterfølgende kloaksystem sjældent har kapacitet til at opfylde dette kriterie, kan det ønskede vandføringsforhold opnås ved etablering af et forsinkelsesbassin før hvirvelseparatoren. Forsinkelsesbassinet har udelukkende til formål at reducere forholdet mellem indløbs- og udløbsvandføring, hvilket bety-

– har vi ikke opfundet. Men vi bruger den på en ny måde i en hvirvelseparator, som effektivt udskiller stoffer fra blandet regn- og spildevand, så kun en lille del af stofferne ledes til recipient.

Hvirvelseparatoren er et nyt og billigt alternativ til store, kostbare bassiner.

Systemet er udviklet i samarbejde med AUC og understreger, at NELLEMANN er førende, når det gælder nyudvikling på spildevandsområdet.



NELLEMANN har i over 30 år rådgivet kommuner og amter ved gennemførelse af vandkredsløbsopgaver. Det giver stor specialviden og sikkerhed for miljømæssigt holdbare og økonomisk velafbalancerede løsninger.

Kloaksanering planlægger og projekterer vi ved anvendelse af den mest effektive edb-teknologi. Ledningsregistrering og konvertering af ledningsdata til digitale grundkort foretages på CAROSS-programmet, der er udviklet af NELLEMANN.

Ring til afdelingsleder Nis Burchardt på vort hovedkontor

Digtervejen 11
9200 Aalborg SV
Tlf. 98 18 13 44

for et uforbindende møde eller referencer...

NELLEMANN //

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG PLANLÆGGERE A/S

Aalborg · Århus · Esbjerg · København
Herning · Lemvig · Hjørring · Søby